

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkwasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler¹, B. Berchtold², S. Probst¹

¹Berner Fachhochschule (BFH), Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL), Zollikofen, Schweiz; ²tbb Rind, Barga, Schweiz

<https://doi.org/10.17236/sat00347>

Eingereicht: 15.04.2024
Angenommen: 06.12.2024

Zusammenfassung

Eine hohe Tränkwasserqualität und -aufnahme ist wichtig für die Nutztiergesundheit. Durch verschiedene Faktoren kann sich in den Wasserleitungen Biofilm bilden, welcher ein Reservoir für viele verschiedene Erreger ist. Eine verbreitete Methode, die Tränkwasserqualität zu verbessern, ist der Einsatz von Mitteln für die permanente Tränkwasserdesinfektion. Dafür werden zum Beispiel Chlordioxid oder Peressigsäure eingesetzt. Bisher wurde diese Methode in erster Linie in Schweine- und Geflügelställen angewendet, wird vermehrt aber auch bei Rindern diskutiert. Da nicht bekannt ist, wie sich der Einsatz von Desinfektionsmitteln im Tränkwasser auf die Pansenfermentation auswirkt, wurde in der vorliegenden Arbeit ein Versuch mit dem Hohenheimer Futterwerttest durchgeführt, bei dem die *in-vitro*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD) ermittelt wurde. Der Einfluss fünf verschiedener Konzentrationen der Desinfektionsmittel Chlordioxid und Peressigsäure auf die IVOMD von Heu und Weizen wurde untersucht. Ausserdem wurden die Pansenbakterien unter dem Mikroskop gezählt. Der Einsatz von Chlordioxid zeigte keine grossen Veränderungen auf die IVOMD von Heu und Weizen. Bei der empfohlenen Konzentration von 0,5 mg/l lag die IVOMD in % der Negativkontrolle bei 97,1 % für Heu und bei 102,7 % für Weizen. Auch die Anzahl der Bakterien sank mit dem Einsatz von Chlordioxid nicht. Der Einsatz von Peressigsäure hingegen führte zu einer starken Reduktion der Fermentation durch die Pansenmikroorganismen. Bei der empfohlenen Konzentration von 15-25 mg/l lag die IVOMD relativ zur Negativkontrolle noch bei 38,2 % respektive 38,4 % für Heu und bei 50,4 % respektive 22,4 % für Weizen. Auch die Anzahl der Bakterien nahm stark ab. Das Desinfektionsmittel Chlordioxid schien durch eine Komponente im Versuch seine Wirkung zu verlieren. Was genau die Ursache dafür war, konnte nicht beantwortet werden. Dieser Versuch zeigt, dass Desinfektionsmittel für die permanente Tränkwasserdesinfektion in der Rinderhaltung mit Vorsicht eingesetzt werden sollten. Insbesondere Mittel basierend auf Peressigsäure könnten die Fermentation der Pansenmikroorganismen beeinträchtigen. Ob die Ergebnisse dieses

Influence of agents for permanent drinking water disinfection on the fermentation performance of rumen microorganisms in ruminants

Good quality drinking water and adequate water intake is essential in ensuring the health of livestock. Various factors can cause the formation of a biofilm in water pipes that acts as a reservoir for many different pathogens. The addition of disinfection agents, such as chlorine dioxide or peracetic acid, is proven to improve the quality of permanent drinking water. To date this method has primarily been used in pig and poultry housing, however, it is increasingly under discussion for use in cattle husbandry. As the effects of disinfectants in drinking water on rumen fermentation are not yet known, we performed a digestibility test using the Hohenheim Feed Value Test to determine the *in vitro* digestibility of organic matter (IVOMD). The influence of five different concentrations of chlorine dioxide and peracetic acid disinfectants on the IVOMD of hay and wheat were tested and rumen bacteria were counted under a microscope. The use of chlorine dioxide showed no major changes in the IVOMD of hay and wheat. At the recommended concentration of 0.5 mg/l, the IVOMD relative to the control was 97.1 % for hay and 102.7 % for wheat. The number of rumen bacteria was not affected by the use of chlorine dioxide. Conversely, the use of peracetic acid led to a significant reduction in rumen fermentation. At the recommended concentration of 15-25 mg/l (dosed at 15 mg/l and 25 mg/l), the IVOMD relative to the control was 38.2 % and 38.4 % for hay and 50.4 % and 22.4 % for wheat. The number of rumen bacteria also decreased significantly. Chlorine dioxide seemed to have little to no disinfection effect on *in vitro* ruminal fermentation, however, the exact mechanisms could not be determined in the present study. This trial shows that disinfectants for permanent drinking water disinfection in cattle farming should be used with caution. In particular, disinfection agents containing peracetic acid may impair fermentation of rumen microbes. Further research is required to determine if the results of the present *in vitro* study are transferable to practice.

in-vitro-Versuchs auf die Praxis übertragbar sind, müssen weitere Arbeiten zeigen.

Schlüsselwörter: Rinder, Chlordioxid, Trinkwasseraufbereitung, In-vitro-Verdaulichkeit organischer Stoffe, Peressigsäure, Pansengärung

Keywords: cattle, chlorine dioxide, drinking water treatment, in vitro digestibility of organic matter, peracetic acid, ruminal fermentation

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkewasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

Einleitung

Eine gute Qualität des Tränkewassers ist entscheidend für die Gesundheit der Nutztiere, und sauberes Tränkewasser muss in ausreichender Menge bereitgestellt werden.³ In den Tränkewasserleitungen kann sich Biofilm bilden, was zur Verunreinigung des Tränkewassers führen kann. Der Biofilm ist eine von Mikroorganismen (z.B. Bakterien, Algen, Pilzen, Protozoen) gebildete Schleimschicht, unter welcher diese geschützt sind.¹⁷ Er ist ein Reservoir für Erreger wie E. Coli, Salmonellen und Enterokokken. Stehendes Wasser oder reduzierte Fließgeschwindigkeit des Wassers in den Leitungen ermöglicht den Mikroorganismen das Anhaften.^{12,17} Zu reduzierter Fließgeschwindigkeit kommt es durch poröse Leitungen, kalkhaltiges Wasser und Sauerstoffeintritt in die Leitungen.¹⁷ Hohe Umgebungstemperaturen und somit auch erhöhte Tränkewassertemperaturen begünstigen die Vermehrung der Mikroorganismen.¹² Durch Druckunterschiede wird der Biofilm zusammen mit den Mikroorganismen gelöst, gelangt in die Tränke und wird vom Tier aufgenommen.¹⁷ Um dem Eintrag von Keimen ins Tränkewasser vorzubeugen, gibt es sowohl physikalische als auch chemische Möglichkeiten. Das Wasser kann beispielsweise gefiltert oder mit UV-Licht behandelt werden.¹⁵ Zur chemischen Aufbereitung können Chlor, Chlordioxid und Säuren genutzt werden.¹⁵ Desinfektionsmittel auf Basis von Chlordioxid und Peressigsäure werden regelmässig für die permanente Tränkewasserdesinfektion

eingesetzt. Die permanente Tränkewasserdesinfektion kommt vorwiegend bei Geflügel und Schweinen zum Einsatz, wird nun aber vermehrt auch bei Rindern diskutiert. Für Rinder wird empfohlen, permanent 0,4–0,6 mg Chlordioxid pro Liter Wasser in das Tränkesystem einzuspeisen.⁷ Die empfohlene Konzentration von Peressigsäure liegt bei 15–25 mg/l.⁹ Über den Einsatz von Desinfektionsmitteln im Tränkewasser von Wiederkäuern ist bisher wenig bekannt. Welchen Einfluss die beiden genannten Wirkstoffe auf die Fermentationsleistung der Mikroorganismen im Pansen haben, wurde deshalb anhand eines *in-vitro*-Versuchs in dieser Arbeit untersucht.

Material und Methoden

Desinfektionsmittel

Zwei Wirkstoffe, die in der Praxis für die Tränkewasserdesinfektion eingesetzt werden, wurden geprüft: Chlordioxid (ClO₂) und Peressigsäure (PAA). ClO₂ wurde in Form einer 0,3-%igen Chlordioxidlösung eingesetzt (Chlordioxid Lösung, vitalundfitmit100 GmbH, Siemensstraße 10, 41363 Jüchen, Deutschland), PAA in Form einer 5-%igen Lösung (Halades 01, Halag Chemie AG, Weiernstrasse 30, 8355 Aadorf, Schweiz). Es wurden für beide Wirkstoffe fünf unterschiedliche Konzentrationen gewählt sowie eine Negativkontrolle ohne Wirkstoff (Tabelle 1). Als Anhaltspunkt für die Auswahl der Konzentrationen diente die empfohlene

Tabelle 1: Übersicht über die verwendeten Wirkstoffe und Konzentrationen im HFT-Versuch, sowie deren Dosierung pro Kolben.

Wirkstoff	Wirkstoffkonzentration	Eingesetzte Lösung	Dosierung Lösung pro Kolben (30 ml)
Negativkontrolle	0	–	0
Chlordioxid (ClO ₂)	0,2 mg/l	ClO ₂ (0,3%)	0,002 ml
Chlordioxid (ClO ₂)	0,5 mg/l*	ClO ₂ (0,3%)	0,005 ml
Chlordioxid (ClO ₂)	1 mg/l	ClO ₂ (0,3%)	0,01 ml
Chlordioxid (ClO ₂)	2 mg/l	ClO ₂ (0,3%)	0,02 ml
Chlordioxid (ClO ₂)	5 mg/l	ClO ₂ (0,3%)	0,05 ml
Peressigsäure (PAA)	5 mg/l	C ₂ H ₄ O ₃ (5%)	0,003 ml
Peressigsäure (PAA)	10 mg/l	C ₂ H ₄ O ₃ (5%)	0,006 ml
Peressigsäure (PAA)	15 mg/l*	C ₂ H ₄ O ₃ (5%)	0,009 ml
Peressigsäure (PAA)	25 mg/l*	C ₂ H ₄ O ₃ (5%)	0,015 ml
Peressigsäure (PAA)	50 mg/l	C ₂ H ₄ O ₃ (5%)	0,03 ml

* empfohlene Konzentrationen in der Praxis für die permanente Tränkewasserdesinfektion.

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkwasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

Wirkstoffkonzentration für Tränkwasser in der Praxis. Zusätzlich wurden sowohl tiefere als auch höhere Dosierungen getestet, um mögliche Auswirkungen unterschiedlicher Dosierungen beurteilen zu können.

Laboranalysen

Analyse der Rohnährstoffe

Für den Versuch wurden zwei verschiedene Futtermittel ausgewählt, welche übliche Bestandteile von Wiederkäuerationen darstellen: Ein praxisübliches Heu als Raufutter und Weizen als Kraftfutter. Die Gehalte an Trockensubstanz (TS), organischer Substanz (OS) und Rohasche (RA) wurden vorgängig mit einem thermogravimetrischen Analysegerät (TGA801-SMC, LECO Instruments GmbH, Mönchengladbach, Nordrhein-Westfalen, Deutschland) bestimmt (Tabelle 2). Der Rohfettgehalt (RL) (ANKOM Technology method 2) und der Rohproteingehalt (RP) (AOAC official method 990,03) wurden im Prüflabor Dairy One (Ithaca, New York, USA) analysiert.

Hohenheimer Futterwerttest

Es wurde ein Hohenheimer Futterwerttest gemäss Menke und Steingass durchgeführt.¹¹ Heu und Weizen wurden dabei zusammen mit den unterschiedlichen Konzentrationen von ClO₂ und PAA während 24 Stunden in einer Pansensaft-Puffer-Lösung bei 39°C unter aeroben Bedingungen inkubiert.¹¹ Der Pansensaft stammte von einer Kuh aus dem Tierspital Bern (Tierversuchsbewilligungsnummer BE2/2023). Dieser wurde in einer Thermoskanne transportiert, so dass ein Abkühlen des Pansensafts verhindert werden konnte. Alle Proben wurden in dreifacher Wiederholung inkubiert. Vor der Inkubation wurden die Futtermittel auf 0,75 mm vermahlen. In die Kolben wurden je 200 mg TS des Futtermittels eingewogen mit einer Toleranz von +/-5 mg. Am Inkubationstag wurde der Inkubator auf 39°C vorgeheizt und die Inkubationslösung gemäss den Angaben von Menke und Steingass hergestellt.¹¹ In jeden Kolben wurde die vorgesehene Menge des Wirkstoffs pipettiert (Tabelle 1) und anschliessend 30 ml Inkubationslösung hinzugegeben. Während des Abfüllens wurde die Inkubationslösung mit einer Heizplatte konstant auf 39°C gewärmt. Für jedes Futtermittel wurde jeweils auch eine Variante ohne Wirkstoff als Negativkontrolle inkubiert. Die Füllmenge wurde notiert. Anhand des Volumens der bei der Fermentation gebildeten Gase nach 24h wurde die *in-vitro*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD) bestimmt.¹¹ Dies geschah unter Einbezug des RP-, des RA- und des TS-Gehaltes der Futtermittel.

Es wurden vier Durchgänge des HFT durchgeführt, wovon drei anhand der Überprüfung mittels interner Standards für die Auswertung berücksichtigt werden konnten. Für die Interpretation wurde jeweils die IVOMD in % der Negativkontrolle berechnet, um leichte Variationen zwischen den einzelnen Durchgängen auszugleichen.

Auszählung der Pansenbakterien

Um die Bakterien zu einem späteren Zeitpunkt auszählen zu können, wurden 1,5 ml Eppendorf Tubes mit Formaldehyd vorbereitet. Dabei wurden pro Tube 990 µl einer 4 % Formaldehydlösung abpipettiert. Nach dem HFT-Durchgang wurden pro Kolben jeweils 10 µl des Pansensaftgemischs in die vorbereiteten Tubes pipettiert, wodurch ein Verdünnungsfaktor von 100 entstand. Die Proben wurden bis auf weiteres bei Raumtemperatur und geschützt vor Licht gelagert. Die Zählung der Bakterien wurde sowohl für die Negativkontrolle ohne Wirkstoff sowie für folgende Konzentrationen durchgeführt: ClO₂: 0,2 mg/l, 0,5 mg/l und 5 mg/l; und PAA: 5 mg/l, 10 mg/l, 25 mg/l und 50 mg/l.

Die Bakterien wurden mit einer Neubauer-improved mit einer Kammertiefe von 0,02 mm (Paul Marienfeld GmbH & Co. KG, Lauda-Königshofen, Deutschland) gezählt. Dabei wurde ein Dunkelfeldmikroskop Olympus CX43 (EVIDENT, Tokyo, Japan) verwendet. Gezählt wurde mit einer Vergrösserung von 40. Während der Zählung wurde ständig im Feintrieb die Höheneinstellung verändert. Es wurden jeweils 12 Kleinstquadrate ausgezählt, wobei nur die lebenden Bakterien gezählt wurden. Die Bakterienkonzentration wurde anschliessend in Bakterien/ml umgerechnet:

$$\text{Keimkonzentration/ml} = [\text{ausgezählte Keime/ausgezähltes Volumen in } \mu\text{l}] * 1000 * \text{Verdünnungsfaktor}$$

Ergebnisse

In-vitro-Verdaulichkeit

Heu

Die *in-vitro*-Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD) des Heus lag im Durchschnitt über 3 Durchgänge bei 68,8 % (Tabelle 3). Unter Beigabe von ClO₂ lag die Verdaulichkeit in einem ähnlichen Bereich. Bei der empfohlenen Konzentration von 0,5 mg/l wurden 97,1 % der IVOMD der Negativkontrolle erreicht (Abbildung 1). Die IVOMD bei der 10-fachen Konzentration der Empfehlung (5 mg/l) lag bei 104,3 % der IVOMD der Negativkontrolle.

Tabelle 2: Rohnährstoffgehalte der verwendeten Futtermittel Heu und Weizen.

Futtermittel	TS (in %)	RA (g/kg TS)	OS (g/kg TS)	RP (g/kg TS)	RL (g/kg TS)
Heu	91,4	65	935	103	24
Weizen	88,5	24	976	157	18

Weizen

Die IVOMD des Weizens lag im Durchschnitt bei 88,0 % (Tabelle 3). Beim Einsatz von ClO_2 lag die IVOMD für alle angewendeten Konzentrationen im Bereich der Negativkontrolle. Bei der empfohlenen Konzentration in der Praxis von 0,5 mg ClO_2 pro Liter betrug die IVOMD 102,7 % relativ zur Negativkontrolle (Abbildung 2). Beim Einsatz von PAA lag die IVOMD mit allen Konzentrationen unter der Verdaulichkeit der Negativkontrolle. Mit der empfohlenen Konzentration von 15–25 mg/l wurden 50,4 % respektive 22,4 % der IVOMD relativ zur Negativkontrolle erreicht.

Anzahl Pansenbakterien

Die Anzahl Bakterien in der Negativkontrolle des Heus betrug 5,1 Milliarden Bakterien/ml (Tabelle 3). In der Negativkontrolle des Weizens befanden sich 5,5 Milliarden Bakterien/ml. Beim Einsatz von ClO_2 stieg die Anzahl der Bakterien/ml sowohl für Heu als auch für Weizen bei allen untersuchten Konzentrationen leicht an. Bei der empfohlenen Konzentration von 0,5 mg ClO_2 /l befanden sich 5,67 Milliarden Bakterien/ml in der Heuprobe und 6,56 Milliarden Bakterien/ml in der Weizenprobe. Unter Zugabe von PAA lag die Anzahl der Bakterien/ml für alle untersuchten Konzentrationen tiefer als die Anzahl Bakterien in der Negativkontrolle (Abbildung 3). Einzig bei der Konzentration von 10 mg PAA/l bei Weizen war die Bakterienzahl etwas höher als in der Negativkontrolle. Bei der empfohlenen Konzentration von 25 mg PAA/l lag die Bakterienkonzentration in der Heuprobe bei 4,39 Milliarden Bakterien/ml und in der Weizenprobe bei 3,83 Milliarden Bakterien/ml.

Diskussion

Desinfektionsmittel enthalten Wirkstoffe, die Mikroorganismen hemmen oder abtöten.¹⁶ Die Wirkung von ClO_2 und PAA als Desinfektionsmittel beruht auf der stark oxidierenden Eigenschaft, wodurch die Proteinmoleküle der Zelle zerstört werden.^{2,21} Es ist deshalb möglich, dass auch die Mikroorganismen im Pansen gehemmt und abgetötet werden könnten. Die Wirkung von ClO_2 ist unabhängig vom pH-Wert.¹⁵ Beim Einsatz von ClO_2 konnte in diesem Versuch kein hemmender Einfluss auf die Pansenmikroorganismen festgestellt werden, obwohl es ein bewährter Wirkstoff in Desinfektionsmitteln ist. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Wirkung von ClO_2 im Versuch gehemmt wurde. In einem Versuch mit äthiopischen Grünmeerkatzen wurde gezeigt, dass die oxidative Wirkung von ClO_2 innert kürzester Zeit vom Speichel und Magensäften reduziert wurde.¹ Schon verdünnter Speichel reduzierte, bei einer Gabe von rund 0,15 mg ClO_2 , die Oxidationswirkung innerhalb einer Minute um 95 %.¹

In einem Fachartikel zum Thema Tränkewasser wird beschrieben, dass die Wirkung von ClO_2 bei stark eisen- und

manganhaltigem Wasser nachlässt.⁵ Die Höchstwerte für Eisen liegen bei 0,5 mg/l und für Mangan bei 0,25 mg/l Wasser. Bei höheren Konzentrationen wird empfohlen, eine Enteisungsanlage ins System zu integrieren.⁵ Auch Borgmeyer beschreibt, dass ClO_2 mit Eisen (Fe) und Mangan (Mn) reagiert und dadurch verbraucht wird.⁴ Yang et al. zeigten die Wirkung von Mangan, Eisen und Schwefel auf den Verbrauch von ClO_2 .²⁰ Bei einer Konzentration von 0,5 mg Eisen/l wurden bereits rund 0,8 mg ClO_2 /l ver-

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkewasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

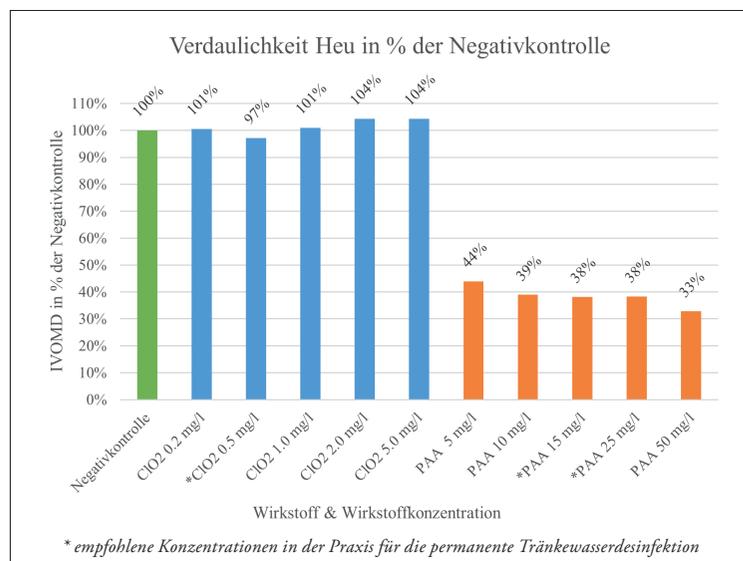


Abbildung 1: In-vitro-Verdaulichkeit (IVOMD) der organischen Substanz von Heu unter Zugabe der Wirkstoffe Chlordioxid (ClO_2) und Peressigsäure (PAA) relativ zur Negativkontrolle ohne Wirkstoffzugabe.

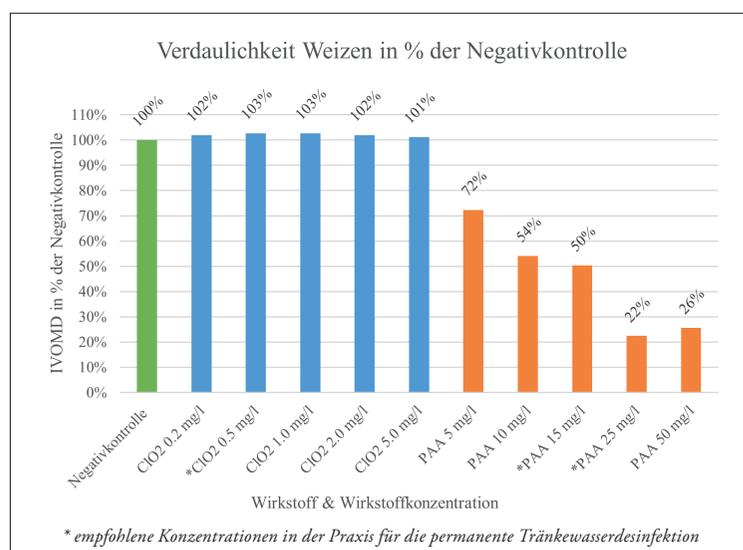


Abbildung 2: In-vitro-Verdaulichkeit (IVOMD) der organischen Substanz von Weizen unter Zugabe der Wirkstoffe Chlordioxid (ClO_2) und Peressigsäure (PAA) relativ zur Negativkontrolle ohne Wirkstoffzugabe.

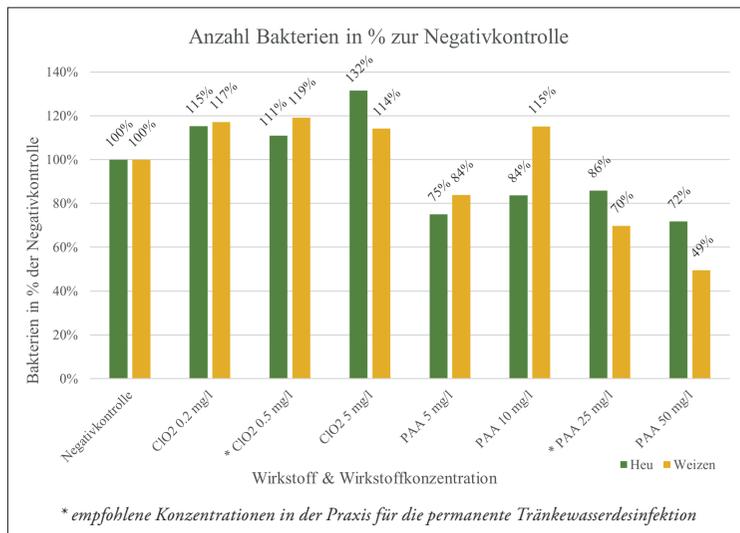


Abbildung 3: Anzahl der Bakterien in den inkubierten Proben mit Heu und Weizen bei unterschiedlichen Wirkstoffkonzentrationen der Wirkstoffe Chlordioxid (ClO₂) und Peressigsäure (PAA) relativ zur Negativkontrolle ohne Wirkstoffzugabe.

braucht. Bei der gleichen Konzentration Mangan wurden bereits 1 mg ClO₂/l verbraucht. Bei höheren Mengen Eisen und Mangan reduzierte sich der Verbrauch.²⁰

Die für die Durchführung eines HFT notwendige Spurenelementlösung enthält u.a. Manganchlorid und Eisen(III)-chlorid. Die im vorliegenden Versuch verwendete Inkubationslösung enthielt folgende Mengen Mangan und Eisen: 3,52 mg Mn/l und 1,2 mg Fe/l. Bei dieser Menge Mangan werden gemäss Yang et al. rund 1,4 mg ClO₂/l verbraucht.²⁰ Bei 1,2 mg Fe/l werden ebenfalls rund 1,4 mg ClO₂/l verbraucht.²⁰ Dies scheint aber nicht die einzige Erklärung für die ausbleibende Wirkung zu sein, denn auch beim Einsatz von 5 mg ClO₂/l zeigte der Wirkstoff keinen negativen Einfluss auf die Pansenmikroorganismen. Weiter können auch organische Materialien im Wasser wie Huminsäure und Fulvolsäure den Verbrauch von ClO₂ beeinflussen.²⁰ So verbrauchten beide Säuren bei einer Konzentration von 2 mg/l rund 1,9 mg ClO₂/l.²⁰

In der Praxis werden die Desinfektionsmittel in die Tränkwasserleitungen eingespeist. Es dauert daher länger, bis der Wirkstoff in den Pansen gelangen würde, im Gegensatz zu diesem Versuch, wo die Mittel direkt der Inkubations-

Tabelle 3: In-vitro-Verdaulichkeit der organischen Substanz (IVOMD) und Anzahl Bakterien (in Milliarden/ml) bei unterschiedlichen Wirkstoffkonzentrationen.

Futtermittel	Mittelkonzentration	IVOMD in %	Milliarden Bakterien/ml
Heu	Negativkontrolle	68,8	5,111
	ClO ₂ 0,2 mg/l	68,3	5,889
	*ClO ₂ 0,5 mg/l	66,1	5,667
	ClO ₂ 1,0 mg/l	68,7	-
	ClO ₂ 2,0 mg/l	70,9	-
	ClO ₂ 5,0 mg/l	73,4	6,722
	PAA 5 mg/l	31,0	3,833
	PAA 10 mg/l	27,5	4,278
	*PAA 15 mg/l	25,9	-
	*PAA 25 mg/l	26,1	4,389
	PAA 50 mg/l	22,3	3,667
Weizen	Negativkontrolle	88,0	5,500
	ClO ₂ 0,2 mg/l	89,4	6,444
	*ClO ₂ 0,5 mg/l	90,1	6,556
	ClO ₂ 1,0 mg/l	88,0	-
	ClO ₂ 2,0 mg/l	87,3	-
	ClO ₂ 5,0 mg/l	91,8	6,278
	PAA 5 mg/l	64,4	4,611
	PAA 10 mg/l	49,0	6,333
	*PAA 15 mg/l	43,1	-
	*PAA 25 mg/l	19,6	3,833
	PAA 50 mg/l	22,5	2,722

* empfohlene Konzentrationen in der Praxis für die permanente Tränkwasserdesinfektion.

lösung beigefügt wurden. ClO₂ hat jedoch eine gute Depotwirkung und somit eine lange Lebensdauer.^{8,15} Es ist bis zu mehreren Tagen wirksam.¹³ Visscher et al. führten einen Versuch in einer Putenmastanlage durch, in der das Tränkwasser mit ClO₂ behandelt wurde.¹⁸ Hierbei wurde während 9 Wochen im Durchschnitt 1,41 mg ClO₂/l eingespeist. Nur in den ersten beiden Versuchswochen konnte eine Reduktion der Gesamtkeimzahl im Tränkwasser festgestellt werden.¹⁸ Im Gegensatz dazu wurde beim Einsatz von PAA (38 mg/l), während der gesamten 9 Wochen eine tiefere Gesamtkeimzahl festgestellt.¹⁹ Dies deutet daraufhin, dass PAA eine stärkere und insbesondere länger anhaltende Reduktionswirkung auf Keime hat als ClO₂.

PAA wirkt in einem pH-Bereich von 3–7,5.⁶ Ab einem pH-Wert von 8 zeigt die Anwendung von PAA kaum noch Wirkung, was allerdings auch von weiteren Parametern wie der Temperatur abhängig ist.² Die Ergebnisse zeigen, dass das Desinfektionsmittel mit dem Wirkstoff Peressigsäure auch auf die Pansenmikroorganismen eine hemmende Wirkung hatte. Die Verdaulichkeit der Futtermittel Heu und Weizen nahm bei den empfohlenen Konzentrationen von 15–25 mg/l um mehr als 50 % ab. Dies deutet daraufhin, dass die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen stark abnahm. Wird die Anzahl der Bakterien betrachtet, so sank auch diese beim Einsatz von PAA, allerdings um weniger als 50 %. Die Bakterien wurden somit in ihrer Funktion, sich zu vermehren, gehemmt, allerdings wurde ihre Funktion, das Futter zu fermentieren, noch stärker reduziert. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass der Enzymkomplex, der für die anaerobe Fermentation benötigt wird, zuerst von der PAA angegriffen wird, und erst danach die Zellteilung gestoppt wird.¹⁰ Eine eindeutige Erklärung dafür gibt es aber nicht. Auffällig ist, dass die Bakterienzahl bei der Zugabe von 10 ml PAA sogar höher lag als in der Negativkontrolle, während die Verdaulichkeit bei dieser Konzentration von PAA deutlich reduziert war. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Methode zur Auszählung der Bakterien keine Standardmethode und die Genauigkeit des Verfahrens nicht bekannt ist. Die Resultate zur Bakterienzahl sind daher mit Vorsicht zu genießen. Hingegen sind die mit dem HFT ermittelten Werte der IVOMD von grosser Relevanz. Zwischen der Verdaulichkeit, die mit dem HFT ermittelt wird, und der Verdaulichkeit, die in einem *in-vivo*-Versuch bestimmt wird, besteht eine hohe Korrelation ($R^2 = 0,92$).¹¹ Der HFT kann daher als etablierte Methode zur Bestimmung der *in-vitro*-Verdaulichkeit betrachtet werden.

Bezüglich der Wirkungsdauer von PAA im Trinkwasser stellten Rossi et al. fest, dass die Wirkung von PAA nach 60 Minuten um rund 25–30 % abnahm.¹⁴ Angenommen, das Tränkwasser würde 60 Minuten nach der Einspeisung der PAA ins System vom Rind aufgenommen, so wären bei der empfohlenen Konzentration von 15 mg/l noch rund 10 mg/l vorhanden. In diesem Versuch war auch diese Menge aus-

reichend, um die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen zu reduzieren. Dies lässt sich jedoch nicht so leicht auf die Praxis übertragen, da viele weitere Faktoren, wie beispielsweise die aufgenommene Wasser- und Futtermenge, berücksichtigt werden müssten.

Schlussfolgerungen

Die Resultate dieses Versuchs zeigen, dass beim Einsatz von Mitteln für die permanente Tränkwasserdesinfektion beim Wiederkäuer Vorsicht geboten ist. Die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen und somit auch die Verdauung der Wiederkäuer könnten dadurch beeinträchtigt werden. In diesem Versuch war das insbesondere bei Verwendung von PAA der Fall, während der Einsatz von ClO₂ keine Veränderungen der Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen zeigte. Da in der Praxis viele zusätzliche Einflussfaktoren auf die Situation im Pansen hinzukommen, müssen weitere Arbeiten zeigen, ob die Erkenntnisse aus diesem *in-vitro*-Versuch auf das Tier übertragbar sind und ClO₂ damit als Mittel für die Tränkwasserdesinfektion beim Rind geeignet wäre.

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkwasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkeserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

Influence des agents de désinfection permanente de l'eau potable sur les performances de fermentation des micro-organismes du rumen chez les ruminants

Une eau potable de bonne qualité et une consommation d'eau suffisante sont essentielles pour garantir la santé du bétail. Différents facteurs peuvent entraîner la formation d'un biofilm dans les conduites d'eau, ce qui sert de réservoir à de nombreux agents pathogènes. Il est prouvé que l'ajout permanent d'agents de désinfection, tels que le dioxyde de chlore ou l'acide peracétique, améliore la qualité de l'eau potable. Jusqu'à présent, cette méthode a surtout été utilisée dans les élevages de porcs et de volailles mais son utilisation dans l'élevage bovin est de plus en plus discutée. Comme les effets des désinfectants de l'eau potable sur la fermentation dans le rumen ne sont pas encore connus, nous avons effectué un test de digestibilité à l'aide du test de valeur alimentaire de Hohenheim pour déterminer la digestibilité *in vitro* de la matière organique (IVOMD). L'influence de cinq concentrations différentes de dioxyde de chlore et de désinfectants à base d'acide peracétique sur l'IVOMD du foin et du blé a été testée et les bactéries du rumen ont été dénombrées au microscope. L'utilisation de dioxyde de chlore n'a pas engendré de changements majeurs dans l'IVOMD du foin et du blé. À la concentration recommandée de 0,5 mg/l, l'IVOMD par rapport au contrôle était de 97,1 % pour le foin et de 102,7 % pour le blé. Le nombre de bactéries du rumen n'a pas été affecté par l'utilisation du dioxyde de chlore. En revanche, l'utilisation de l'acide peracétique a entraîné une réduction significative de la fermentation dans le rumen. À la concentration recommandée de 15-25 mg/l (dosée à 15 mg/l et 25 mg/l), l'IVOMD par rapport au contrôle était de 38,2 % et 38,4 % pour le foin et de 50,4 % et 22,4 % pour le blé. Le nombre de bactéries du rumen a également diminué de manière significative. Le dioxyde de chlore semble avoir peu ou pas d'effet désinfectant sur la fermentation ruminale *in vitro*, mais les mécanismes exacts n'ont pas pu être déterminés dans la présente étude. Cet essai montre que les produits utilisés pour la désinfection permanente de l'eau de boisson dans l'élevage bovin doivent être utilisés avec prudence. En particulier, les désinfectants contenant de l'acide peracétique peuvent entraver la fermentation par les microbes du rumen. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si les résultats de la présente étude *in vitro* peuvent être transposés dans la pratique.

Mots clés: bovins, dioxyde de chlore, traitement de l'eau potable, digestibilité *in vitro* de la matière organique, acide peracétique, fermentation ruminale.

Influenza dei metodi per la disinfezione permanente dell'acqua da abbeveraggio sulle prestazioni di fermentazione dei microrganismi ruminali nei ruminanti

Una buona qualità dell'acqua di abbeveraggio e un'adeguata assunzione di acqua sono essenziali per garantire la salute degli animali di allevamento. Diversi fattori possono favorire la formazione di biofilm nelle tubature dell'acqua, che diventano dei serbatoi per numerosi agenti patogeni. L'uso di prodotti per la disinfezione permanente dell'acqua di abbeveraggio, come biossido di cloro o acido peracetico, è un metodo diffuso e dimostrato per migliorarne la qualità. Finora, questo metodo è stato impiegato principalmente negli allevamenti di suini e pollame, ma è sempre più al centro delle discussioni per l'allevamento bovino. Poiché gli effetti dei disinfettanti nell'acqua da abbeveraggio sulla fermentazione ruminale non sono ancora noti, in questo studio abbiamo condotto un test utilizzando il test di valore nutritivo Hohenheimer per determinare la digeribilità *in vitro* della sostanza organica (IVOMD). È stata studiata l'influenza di cinque diverse concentrazioni di biossido di cloro e acido peracetico sull'IVOMD del fieno e del grano, e il numero di batteri ruminali è stato contato al microscopio. L'uso di biossido di cloro non ha mostrato variazioni significative nell'IVOMD del fieno e del grano. Alla concentrazione raccomandata di 0,5 mg/l, l'IVOMD rispetto al controllo era del 97,1 % per il fieno e del 102,7 % per il grano. Anche il numero di batteri ruminali non è stato influenzato dall'uso di biossido di cloro. Al contrario, l'uso di acido peracetico ha portato a una significativa riduzione della fermentazione ruminale. Alla concentrazione raccomandata di 15-25 mg/l (testata a 15 mg/l e 25 mg/l), l'IVOMD rispetto al controllo negativo era del 38,2 % e 38,4 % per il fieno e del 50,4 % e 22,4 % per il grano. Anche il numero di batteri ruminali è diminuito drasticamente. Si è notato che il biossido di cloro abbia perso la sua efficacia a causa di un componente presente nell'esperimento, ma la causa esatta di questo fenomeno non è stata identificata. Questo esperimento indica che i disinfettanti per la disinfezione permanente dell'acqua da abbeveraggio nell'allevamento bovino dovrebbero essere usati con cautela. In particolare, gli agenti disinfettanti a base di acido peracetico potrebbero compromettere la fermentazione dei microrganismi ruminali. Sono necessarie ulteriori ricerche per determinare se i risultati di questo studio siano applicabili nella pratica.

Parole chiave: bovini, biossido di cloro, trattamento dell'acqua da abbeveraggio, digeribilità *in vitro* della sostanza organica, acido peracetico, fermentazione ruminale.

Literaturnachweis

- ¹ Bercz JP, Jones L, Garner L, Murray D, Ludwig DA, Boston J: Subchronic toxicity of chlorine dioxide and related compounds in drinking water in the nonhuman primate. *Environmental Health Perspect* 1982: 47–55. <https://doi.org/10.1289%2Fehp.824647> (accessed 18.03.2024)
- ² Biering H: Peressigsäure: Eigenschaften und Anwendung. Grevenbroich, DE.
- ³ BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft: Hygienische Qualität von Tränkwasser – Orientierungsrahmen zur futtermittelrechtlichen Beurteilung. DE. 2019 <https://www.bmel.de/DE/themen/tiere/futtermittel/orientierungsrahmen-traenkwasser.html> (accessed 24.01.2024).
- ⁴ Borgmeyer L, Wasserhygiene im Schweinestall. PROFUMA Spezialfutterwerke GmbH, der Hygienemanager 2022: 17: 22–23. https://www.desintec.de/media/99desintec_dummy/pdf/infothek/hygienemanager/SCREEN_2_Hygienemanager_17_20220826.pdf (accessed 12.03.2024).
- ⁵ Bunge J: Keimfreies Tränkewasser – so funktioniert’s. *Top agrar* 2008: 3. https://www.topagrar.com/dl/2/8/9/1/4/8/1/TS_016_019_03_08.pdf (accessed 18.03.2024).
- ⁶ Bützer P: Peroxyessigsäure: einfach aber wirksam – ein sehr wirksames Desinfektionsmittel im Überblick. *CLB* 2012: 3: 96–115.
- ⁷ Dr. Küke GmbH: Für ihr Tränkewasser – mehr Sicherheit. Wedemark DE.
- ⁸ Endress+Hauser, Kleines Einmaleins der Desinfektion. Das Digitale Magazin 2019. <https://www.blogs.endress.com/magazin/2019/06/24/kleines-einmaleins-der-desinfektion/> (accessed 03.04.2024).
- ⁹ HALAG Chemie AG: Produktbeschreibung Halades 01. Aadorf, CH. 2022.
- ¹⁰ Josenhans C, Hahn H: Bakterien: Vermehrung und Stoffwechsel. In: Suerbaum S, Burchard GD, Kaufmann SHE, Schulz TF (eds.), *Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2020: 243–248. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61385-6_24 (accessed 23.07.2024).
- ¹¹ Menke KH, Steingass H: Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal research and development*. 1988: 28: 7–55.
- ¹² Nehf H, Pohl C, Riewenherm G, Stalljohann G, Kampf D: Fütterung und Tierwohl beim Schwein – Teil B: Wasserversorgung und Futterhygiene. DLG e.V., Frankfurt am Main, DE. 2021.
- ¹³ ProMinent, Chlordioxidanlagen. 2024 <https://www.prominent.de/de/Produkte/Produkte/Desinfektionssysteme-und-Oxidationssysteme/Chlordioxidanlagen/pg-chlorine-dioxide-systems.html> (accessed 03.04.2024).
- ¹⁴ Rossi S, Antonelli M, Mezzanotte V, Nurizzo C: Peracetic Acid Disinfection: A Feasible Alternative to Wastewater Chlorination. *Water Environment Research* 2007: 79(4): 341–350 <https://doi.org/10.2175/106143006X101953> (accessed 03.04.2024)
- ¹⁵ Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Gesundheit: Anerkannte Aufbereitungsverfahren für Trinkwasser. Bern, CH, 2010.
- ¹⁶ Schweizerische Eidgenossenschaft. Bundesamt für Gesundheit: Desinfektionsmittel. Bern, CH <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/chemikalien-im-alltag/desinfektionsmittel.html> (accessed 24.01.2024).
- ¹⁷ SUISAG. Geschäftsbereich SGD – Schweinegesundheitsdienst: Wasserversorgung bei Schweinen. Sempach, CH. Merkblatt für Schweineprofis.
- ¹⁸ Visscher CF, Kümmel U, Günther R, Küke F, Siesenop U, Reich F, Beyerbach M, Kamphues J: Untersuchungen zur mikrobiologischen Qualität des Grund-, Leitungs- und Tränkewassers im Tierbestand in Abhängigkeit vom Tränkemanagement und einer Chlordioxid-Behandlung. *Züchtungskunde* 2008: 80 (5): 389–403.
- ¹⁹ Visscher CF, Kümmel U, Taube V, Günther R, Verkaar EL, Siesenop U, Reich F, Beyerbach M, Kamphues J: Untersuchungen zur mikrobiologischen Qualität des Grund-, Leitungs- und Tränkewassers im Tierbestand in Abhängigkeit vom Tränkemanagement und einer Behandlung mit einer modifizierten Peroxyessigsäure. *Archiv für Geflügelkunde* 2010: 74 (1): 62–71.
- ²⁰ Yang B, Fang H, Chen B, Yang S, Ye Z, Yu J: Effects of reductive inorganics and NOM on the formation of chlorite in the chlorine dioxide disinfection of drinking water. *Journal of Environmental Sciences* 2021: 104: 225–232 <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.11.033> (accessed 12.03.2024).
- ²¹ Zimmermann J, Swinkels S: Optimale Prozesshygiene durch Chlordioxid – Wasserqualität in der Oberflächenbehandlung. *CITplus*, 2022: 25 (7–8): 60–62.

Einfluss von Mitteln zur permanenten Tränkewasserdesinfektion auf die Fermentationsleistung der Pansenmikroorganismen beim Wiederkäuer

A. Stettler, B. Berchtold, S. Probst

Korrespondenzadresse

Stefan Probst
 Berner Fachhochschule (BFH),
 Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL),
 Länggasse 85,
 CH-3052 Zollikofen
 Telefon: +41 31 910 29 91
 E-Mail: stefan.probst@bfh.ch